

PAT-NO: JP411316916A
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 11316916 A
TITLE: ROBUST RECORDING HEAD FOR PROXIMITY CONTACT
OPERATION
PUBN-DATE: November 16, 1999

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
BRUG, JAMES A	N/A
BHATTACHARYYA, MANOJ K	N/A
TRAN, LUNG T	N/A
ANTHONY, THOMAS C	N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
HEWLETT PACKARD CO <HP>	N/A

APPL-NO: JP10341064

APPL-DATE: November 13, 1998

INT-CL (IPC): G11B005/39

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To prevent formation of short circuits between a magnetic guide and shields of a recording head by allowing a magnetic element provided in a spin tunnel detecting element to act as a magnetic flux guide for a magnetic flux from a recording medium to the active area of the spin tunnel detecting element away from a boundary.

SOLUTION: A magnetic guide 30 guides a magnetic flux from the surface 20 of a recording medium 22 to a direction away from the surface 20 and is combined with a pin retaining magnetic film 32 and an interposed dielectric barrier 34

to form a a magnetoresistive spin tunnel detecting element in a recording head

10. Gap between magnetic shields 12, 14 is separated by a dielectric area 16

spreading to the surface 50 of the head 10. The dielectric area 16 specifies

the width 40 of the gap in a direction along the track of the recording medium

22 traversing transistors 80 to 81. Since this structure keeps the magnetic

guide 30 and the shields 12, 14 at the same potential, short circuits between

the magnetic flux guide 30 and the shields 12, 14 are not formed at the

boundary between the head and the recording medium.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-316916

(43) 公開日 平成11年(1999)11月16日

(51) Int.Cl.⁶
G 1 1 B 5/39

識別記号

F I
G 1 1 B 5/39

審査請求 未請求 請求項の数18 F D 外国語出願 (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願平10-341064

(22) 出願日 平成10年(1998)11月13日

(31) 優先権主張番号 9 7 4, 4 2 0

(32) 優先日 1997年11月20日

(33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 398038580

ヒューレット・パカード・カンパニー
HEWLETT-PACKARD COM
PANY

アメリカ合衆国カリフォルニア州パロアル
ト ハノーバー・ストリート 3000

(72) 発明者 ジェームス・エイ・ブラグ

アメリカ合衆国カリフォルニア州メンロ・
パーク マーモナ・ドライブ 205

(72) 発明者 マノジ・ケー・パタチャルヤ

アメリカ合衆国カリフォルニア州クバティ
ーノ パーム・アベニュー 22434

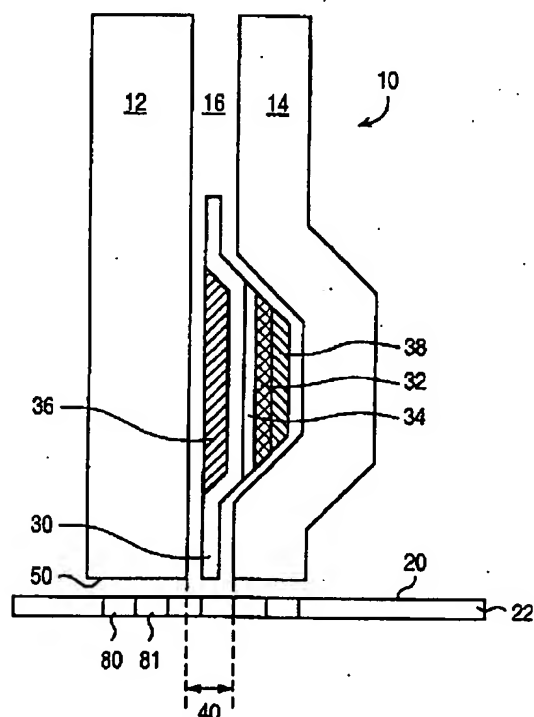
(74) 代理人 弁理士 上野 英夫

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 近接触動作頑強記録ヘッド

(57) 【要約】

記録ヘッドと記録媒体との間の境界から分離されて記録
ヘッドと記録媒体との間の境界で衝突および他の悪影響
により影響されないようにしたスピン・トンネル検知素
子を備えた頑強な記録ヘッドである。スピン・トンネル
検知素子は、一対の磁気素子を備え、磁気素子の一方
は、記録媒体から発せられる磁束を境界からスピン・ト
ンネル検知素子の活動区域まで導く磁束案内として働
く。



【特許請求の範囲】

【請求項1】記録ヘッドと記録媒体との間の境界から分離されているスピン・トンネル検知素子を有する記録ヘッドであって、スピン・トンネル検知素子が記録媒体から発せられる磁束を境界から離れスピン・トンネル検知素子の活動領域まで導く磁束案内として働く磁性素子を備えていることを特徴とする記録ヘッド。

【請求項2】磁束案内は、磁束案内の磁化の向きを設定する一対の安定化領域に結合されていることを特徴とする請求項1に記載の記録ヘッド。

【請求項3】安定化領域に結合されていない磁束案内の区域は、活動領域を形成していることを特徴とする請求項2に記載の記録ヘッド。

【請求項4】安定化領域は反強磁性材料から構成されていることを特徴とする請求項2に記載の記録ヘッド。

【請求項5】安定化領域は一対の永久磁石を備えていることを特徴とする請求項2に記載の記録ヘッド。

【請求項6】スピン・トンネル検知素子は更に、ピン留め磁性膜および介在誘電体障壁を備えていることを特徴とする請求項2に記載の記録ヘッド。

【請求項7】ピン留め磁性膜は、磁束案内の向きに実質的に垂直な磁化の向きを備えていることを特徴とする請求項6に記載の記録ヘッド。

【請求項8】ピン留め磁性膜は、反強磁性材料の層に結合されている軟磁性膜を備えていることを特徴とする請求項6に記載の記録ヘッド。

【請求項9】軟磁性膜はパーマロイ層から構成されていることを特徴とする請求項8に記載の記録ヘッド。

【請求項10】軟磁性膜はニッケル鉄の層から構成されていることを特徴とする請求項8に記載の記録ヘッド。

【請求項11】反強磁性材料はマンガン系材料であることを特徴とする請求項8に記載の記録ヘッド。

【請求項12】反強磁性材料は酸化ニッケルであることを特徴とする請求項8に記載の記録ヘッド。

【請求項13】反強磁性材料はテルビウム鉄であることを特徴とする請求項8に記載の記録ヘッド。

【請求項14】スピン・トンネル検知素子が所定電位に維持されているシールドに囲まれ、磁束案内が所定電位に維持されて磁束案内とシールドとの間の短絡を防止していることを特徴とする請求項1に記載の記録ヘッド。

【請求項15】磁束案内は軟磁性膜から構成されていることを特徴とする請求項1に記載の記録ヘッド。

【請求項16】磁束案内はパーマロイ層から構成されていることを特徴とする請求項1に記載の記録ヘッド。

【請求項17】磁束案内はニッケル鉄の層から構成されていることを特徴とする請求項1に記載の記録ヘッド。

【請求項18】更に、導体層が境界から分離されて記録媒体と記録ヘッドとの間の短絡を防止するように、スピン・トンネル検知素子との電気的接続を行なう一対の導体層を備えていることを特徴とする請求項1に記載の記

録ヘッド。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、記録ヘッドの分野に関する。更に詳細に記せば、本発明は、記録媒体に近接して動作するのに適した頑強な記録ヘッドに関する。

【0002】

【従来の技術】磁気テープおよび磁気ディスクのような記録媒体は広く多様な情報記憶の用途に普通に使用されている。このような記録媒体は、通常、記録媒体に格納されている情報の内容に従ってその表面に沿って変わる磁界または磁束を発生することができる磁気的に変化する材料から構成されている。このような記録媒体は通常、記憶域または遷移に細分されている。通常、記録媒体の記憶密度は、記録媒体上の記憶域の表面寸法が減少するにつれて増大する。

【0003】情報は普通、このような記録媒体から、記録媒体が記録ヘッドに対して移動するにつれて、記録媒体の近くに設置されている記録ヘッドにより読み出される。記録ヘッドは通常、記録媒体から発せられる磁束を検知する検知素子を備えている。通常、検知素子の電気固有抵抗は、記録媒体から発せられる磁束に反応して変化する。磁界に反応して電気固有抵抗を変化する検知素子は普通、磁気抵抗性検知素子と言われる。

【0004】従来の磁気抵抗性検知素子は通常、その電気固有抵抗が磁束に反応して変化する一つ以上の強磁性素子を備えている。従来の磁気抵抗性検知素子は、検知電流が強磁性素子の平面に沿って流れる異方性検知素子を備えている。従来の磁気抵抗性検知素子はまた、検知電流が誘電体障壁を貫通して強磁性素子の平面に垂直に流れるスピン・トンネル検知素子を備えている。

【0005】従来の記録ヘッドの検知素子は、異方性であろうとスピン・トンネル型であろうと、普通、検知される磁束の強さが最大である、記録ヘッドと記録媒体との間の境界近くに設置される。通常、弱い磁界を検知するために、および高密度記録媒体の別々の記憶域を区別するために、記録ヘッドおよびその検知素子を記録媒体と接触に近い状態で設置しなければならない。

【0006】このような近接触動作中に、特に着脱可能媒体の場合、記録ヘッドと記録媒体との間に衝突が生ずる可能性がある。このような衝突は、通常記録媒体との境界近くに設置されている検知素子の変形を生ずる可能性がある。残念ながら、このような変形は、検知素子の精密に整合させた磁気特性を変化させ、記録媒体から発する磁束に対する検知素子の感度を減らす可能性がある。検知素子のこのような磨耗は、記録ヘッドがもはや記録媒体を確実に読取ることができない点に到達する可能性がある。記録媒体と検知素子との間の衝突は、検知素子に熱スパイクを導入する可能性もある。残念ながら

ら、このような熱スパイクは通常、検知素子の電気固有抵抗を変化させ、それにより読取り動作に雑音を導入する可能性がある。

【0007】加えて、記録媒体との境界に近く設置される検知素子を有する従来の記録ヘッドは、多様な他の悪影響を受ける。たとえば、このような検知素子は、記録媒体との境界近くに発生する腐食からしばしば損傷を受ける。その上、記録媒体近くに検知素子を有する記録ヘッドは、通常、記録媒体との境界に近く設置される導体を備えている。これは腐食および汚れの効果を生ずる可能性があり、導体と記録ヘッドのシールドとの間に短絡を生ずる可能性がある。

【0008】更に、通常の従来の検知素子での電気固有抵抗の変化は普通、検知素子に電圧電位を生ずる。このような検知素子にかかる電位は、検知素子と従来の記録ヘッドのシールドとの間に短絡を生ずることがある。検知素子とシールドとの間の電位差は、検知素子と記録媒体との間の電位差を生ずる可能性があり、これは、検知素子に読出雑音を生ずる可能性がある。

【0009】

【発明の概要】近接触動作中記録ヘッドと記録媒体との間の境界で生ずる衝突および他の悪影響に関連する問題を減らす頑強な記録ヘッドを開示する。記録ヘッドは、記録ヘッドと記録媒体との間の境界での衝突および他の悪効果に影響されないように、記録ヘッドと記録媒体との間の境界から分離されているスピン・トンネル検知素子を採用している。スピン・トンネル検知素子は、磁束案内として働き、記録媒体から発せられる磁束を境界から遠くにスピン・トンネル検知素子の活動域に導く磁気素子を備えている。頑強な記録ヘッドの構造は検知素子用導体を記録媒体に露出させず、磁束案内と記録ヘッドのシールドとの間に短絡が形成されないようにしている。

【0010】本発明の他の特徴および長所は、以下の詳細説明から明らかになるであろう。

【0011】本発明をその特定の例示実施形態に関して説明する。

【0012】

【好適な実施例の詳細な説明】図1は、記録媒体22との近接触動作に適する記録ヘッド10の読取り部分の断面図を示す。記録ヘッド10は、記録媒体22の表面20に向いている状態を示している。この断面は、記録媒体22の一組の遷移80-81を横切る方向に取ってある。記録ヘッド10は、記録媒体22の表面20から発せられる磁束を上方に表面20から遠ざかる方向に導く磁束案内30を備えている。磁束案内30は、ピン留め磁性膜32および介在誘電体障壁34と組み合わされて記録ヘッド10の中にスピン・トンネル磁気抵抗性検知素子（今後トンネル・センサという）を形成している。トンネル・センサは、記録ヘッド10のシールド12および14に囲まれている。

【0013】磁束案内30に重なるピン留め磁性膜32の区域は、トンネル・センサの活動領域を形成している。誘電体障壁34はトンネル・センサの活動領域において薄いトンネル障壁を与える。一実施形態での誘電体障壁34の厚さは、0.5と5ナノメートルとの間にある。

【0014】ピン留め磁性膜32は、反強磁性材料の交換層（図示せず）によりピン留めされている。交換層は、ピン留め磁性膜32の磁化の向きを固定する。ピン留め磁性膜32の磁化の向きは、好適には、検知信号を線形にするためにトンネル・センサの活動領域において磁束案内30の磁化に直交する。

【0015】磁束案内30は、記録ヘッド10のトンネル・センサの一方の電極として働き、ピン留め磁性膜32は、他方の電極として働く。一実施形態では、一对の導体層36および38がトンネル・センサを流れる検知電流の電気的経路を与えている。導体層36は、磁束案内30から記録ヘッド10のシールド12までの磁束の漏れを減らす。同様に、導体層38は、シールド14までの磁束の漏れを減らす働きをする。他の実施形態では、導体層36および38は存在せず、検知電流は、磁束案内30および磁性膜32を経て直接流れる。

【0016】検知電流は、記録ヘッド10が媒体22を読んでいる間トンネル・センサを流れる。検知電流は、ピン留め磁性膜32と磁束案内30の活動領域との間を誘電体障壁34を横断して流れる。その間に、磁束案内30表面20から出る磁束を上方にトンネル・センサの活動領域まで導く。この磁束は、磁束案内30の活動領域における磁化の向きを変え、それによ活動領域におけるトンネル・センサの電気固有抵抗を変える。変化する電気固有抵抗は、外部検知回路（図示せず）により検出され、記録ヘッド10からの読出信号を与える。

【0017】シールド12および14は、下方記録ヘッド10の表面50まで広がる誘電体領域16により間を隔てられている。誘電体領域16は、遷移80-81を横断する媒体22のトラックに沿う方向に間隙幅40を規定している。記録ヘッド10の表面50および媒体22の表面20は、ヘッド/媒体境界を形成している。

【0018】記録ヘッド10のトンネル・センサの構造は、シールド12および14および磁束案内30を同じ電位に維持することができる。これは、磁束案内30とシールド12および14との間のヘッド/媒体境界に短絡が形成されないようにする。一実施形態では、シールド12および14および磁束案内30はすべて地電位に維持されているが、導体層36は接地され、導体層38は地電位とは別の電位にある。大地と導体層38との間の電位差が大きい程良い。一般に、この電位差は、誘電体層16の厚さおよびその破壊電圧により制限される。

【0019】記録ヘッド10の構造は、非常に薄い誘電体領域16および非常に薄い磁束案内30を可能とし、これにより非常に薄い間隙幅40が生ずる。誘電体領域16は、磁

東案内30を、シールド12および14から、その等電位のため電気的に分離しなくてよいから、非常に薄くできる。磁束案内30も、検知電流またはバイアス電流をその平面に沿って導かなくてよいから、非常に薄くすることができる。これらの電流は代わりにトンネル・センサを横断して流れる。間隙幅40の狭さは、記録ヘッド10に高密度の媒体を読み取ることを可能とする。したがって媒体22の遷移80-81の長さを非常に小さくできる。

【0020】記録ヘッド10の構造は、ヘッド/媒体境界での衝突および悪影響がトンネル・センサの効率に影響しないようにする。記録ヘッド10のトンネル・センサの活動領域は、ヘッド/媒体境界から十分遠くに離れているので、媒体22と記録ヘッド10との間に衝突の生ずる可能性はない。ヘッド/媒体境界の近くで磁束案内30の部分を損傷することのある衝突は、活動領域に影響せず、したがって媒体22の表面20から発する磁束へのトンネル・センサの応答には実質上影響しない。加えて、記録ヘッド10と媒体22との間の衝突によって生ずる熱効果は、トンネル・センサの活動領域からはるかに十分除去され、熱スパイクが実質的雑音をトンネル・センサを流れる検知電流に導入しないようにしている。

【0021】他に、記録ヘッド10のトンネル・センサの活動領域は、ヘッド/媒体境界で生ずることのある腐食から絶縁する。その上、記録ヘッド10は導体層36および38をヘッド/媒体境界に露出させない。これにより、従来の記録ヘッドに普通に生ずる導体の汚れまたは短絡により生ずる効果が回避される。

【0022】図2は、磁束案内30およびピン留め磁性膜32の図を示す。この断面は、媒体22のトラックを遷移80-81の一方に沿って横断する方向に切ったものである。領域42および44は、磁束案内30の安定化領域を表している。トンネル・センサの読取り幅は、安定化領域42および44によりピン留めされていない磁束案内30の領域により形成される。読取り幅は、遷移80-81の幅に直交する方向の媒体22の上のトラックの幅に対応する。

【0023】一実施形態では、安定化領域42および44は、反強磁性材料の層により実現されている。反強磁性材料は、マンガ鉄(FeMn)、ニッケル・マンガ(NiMn)、またはイリジウム・マンガンのようなマンガ系材料でよい。代わりに、反強磁性材料を酸化ニッケルまたはテルビウム鉄(TbFe)としてよい。

【0024】他の実施形態では、安定化領域42および44は、永久磁石により実現されている。

【0025】M1と記した矢印は、磁束案内30の活動領域における磁化の方向を示す。M1で示した方向は、媒体22のトラックを横断する磁束案内30の最長の方である。M1で示した方向は、安定化領域42および44により設定され、媒体22から発せられる磁束に反応して図示した方向のまわりで変化する。

【0026】M2と記した矢印は、ピン留め磁性膜32に

おける磁化の方向を示す。磁化M2の向きは、反強磁性層によりピン留めされ、磁束案内30の活動領域におけるM1に実質的に直交している。

【0027】図3は、記録ヘッド10のシールド12および14に囲まれた層の一実施形態の詳細図である。この図は、トンネル・センサの活動領域を描いている。構造の基礎は、誘電体領域16の一部を成す誘電体層である。次は、金のような導電材料から作られた導電層36である。タンタル64の薄い層は、導電層36と磁束案内30との間の拡散を防止する。

【0028】磁束案内30は、軟磁性膜の層である。一実施形態では、磁束案内30は、ニッケル鉄のようなパーマロイ層である。一对の薄い鉄の層66および68は、一実施形態では各々20Åの厚さであるが、誘電体障壁34と層30および32との間の境界で使用されている。

【0029】誘電体障壁34は、誘電体材料の層である。一実施形態では、誘電体障壁は酸化アルミニウム(Al_2O_3)の層である。

【0030】ピン留め磁性膜32は、軟磁性膜の層である。一実施形態では、ピン留め磁性膜32は、ニッケル鉄のようなパーマロイ層である。

【0031】ピン留め磁性膜32の磁化の向きは、反強磁性層60によりピン留めされている。一実施形態では、反強磁性層60は、マンガ鉄(FeMn)、ニッケル・マンガ(NiMn)、またはイリジウム・マンガンのようなマンガ系材料の層である。代わりに、反強磁性材料60を酸化ニッケルまたはテルビウム鉄(TbFe)の層としてよい。

【0032】反強磁性層60の上に、タンタルまたはタンタル/金としてよい導体層38がある。

【0033】ヘッド/媒体境界における磁束案内30の磁化の方向M1は、磁束を直接磁束案内30の中に導入させ、バイアス構造および横断トラックの非対称を減らす方法の必要性を省略している。他に、記録ヘッド10の総消費電力は、トンネル・センサが比較的高いインピーダンス構造物であるから比較的低い。消費電力の低い記録ヘッドは、多数の平行溝が存在するテープ・ヘッドにとって役に立つ。

【0034】本発明の前述の詳細説明は、例示の目的で示したものであり、網羅的にしたり、本発明を開示した精密な実施形態に限定したりするつもりはない。したがって、本発明の範囲を付記した特許請求の範囲により規定してある。

【図面の簡単な説明】

【図1】記録媒体との近接触用途に対して頑健な動作を与える記録ヘッドの読取り部分の断面図を示す。

【図2】記録媒体のトラックを横断する方向に取った磁束案内およびピン留め磁性膜を示す図である。

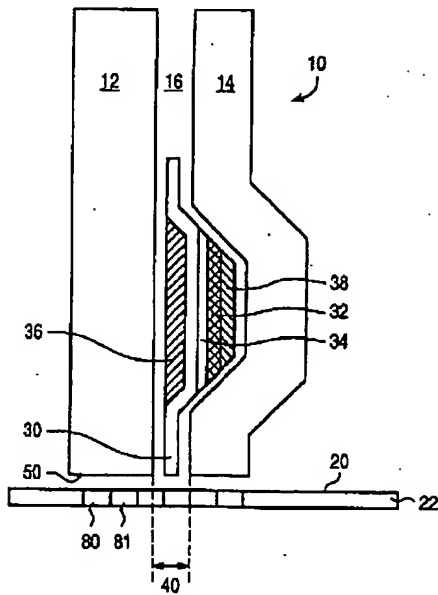
【図3】スピン・トンネル検知素子の層を備えた記録ヘッドのシールドに囲まれた層の詳細図である。

【符号の説明】

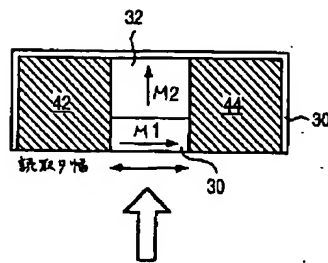
10 記録ヘッド
22 記録媒体
30 磁束案内

32 磁性膜
36 導体層
38 導体層

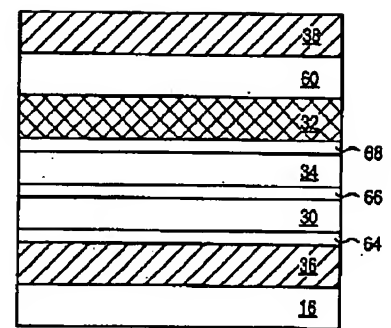
【図1】



【図2】



【図3】



フロントページの続き

(72)発明者 ラング・ティ・トラン
アメリカ合衆国カリフォルニア州サラトガ
ウッドブリー・コート 5085

(72)発明者 トーマス・シー・アンソニー
アメリカ合衆国カリフォルニア州サニーベ
イル ピメント・アベニュー 1161

【外国語明細書】

1. Title of Invention

Robust recording head for near-contact operation

2. Claims

(1) A recording head having a spin tunneling sensing element which is separated from an interface between the recording head and a recording media, the spin tunneling sensing element having a magnetic element that functions as a flux guide to conduct magnetic flux emanating from the recording media away from the interface to an active area of the spin tunneling sensing element.

(2) The recording head of claim 1, wherein the flux guide is coupled to a pair of stabilization regions that set an orientation of magnetization in the flux guide.

(3) The recording head of claim 2, wherein an area of the flux guide not coupled to the stabilization regions defines the active area.

(4) The recording head of claim 2, wherein the stabilization regions comprise an antiferromagnetic material.

(5) The recording head of claim 2, wherein the stabilization regions comprise a pair of permanent magnets.

(6) The recording head of claim 2, wherein the spin tunneling sensing element further comprises a pinned magnetic film and an intervening dielectric barrier.

(7) The recording head of claim 6, wherein the pinned magnetic film

has an orientation of magnetization that is substantially perpendicular to the orientation in the flux guide.

(8) The recording head of claim 6, wherein the pinned magnetic film includes a soft magnetic film coupled to layer of antiferromagnetic material.

(9) The recording head of claim 8, wherein the soft magnetic film comprises a permalloy layer.

(10) The recording head of claim 8, wherein the soft magnetic film comprises a layer of nickel-iron.

(11) The recording head of claim 8, wherein the antiferromagnetic material is a manganese-base material.

(12) The recording head of claim 8, wherein the antiferromagnetic material is nickel-oxide.

(13) The recording head of claim 8, wherein the antiferromagnetic material is terbium-iron.

(14) The recording head of claim 1, wherein the spin tunneling sensing element is encased in a shield which is maintained at a predetermined electrical potential and the flux guide is maintained at the predetermined electrical potential to prevent short circuits between the flux guide and the shield.

(15) The recording head of claim 1, wherein the flux guide comprises

a soft magnetic film.

(16) The recording head of claim 1, wherein the flux guide comprises a permalloy layer.

(17) The recording head of claim 1, wherein the flux guide comprises a layer of nickel-iron.

(18) The recording head of claim 1, further comprising a pair of conductor layers that provide electrical connection to the spin tunneling sensing element such that the conductor layers are separated from the interface to prevent short circuits between the recording media and the recording head.

3. Detailed Description of Invention

BACKGROUND OF THE INVENTION

Field of Invention

The present invention pertains to the field of recording heads. More particularly, this invention relates to a robust recording head suitable for near contact operations with recording media.

Art Background

Recording media such as magnetic tape and disk are commonly used in a wide variety of information storage applications. Such a recording media is usually constructed of a magnetically alterable material that is capable of emanating a magnetic field or flux that varies along its surface according to the content of the information stored on the recording media. Such a recording media is typically subdivided into storage areas or transitions. Typically, the storage density of a recording media increases as the surface dimensions of the storage areas on the recording

g media decreases.

Information is usually read from such recording media with a recording head that is positioned near the recording media as the recording media moves with respect to the recording head. A recording head typically includes a sensing element that senses the magnetic flux emanating from the recording media. Typically, the resistivity of the sensing element changes in response to the magnetic flux emanating from the recording media. A sensing element that changes resistivity in response to a magnetic field is usually referred to as a magneto-resistive sensing element.

Prior magneto-resistive sensing elements typically include one or more ferromagnetic elements whose resistivity changes in response to magnetic flux. Prior magneto-resistive sensing elements include anisotropic sensing elements in which a sense current flows along planes of the ferromagnetic elements. Prior magneto-resistive sensing elements also include spin tunneling sensing elements in which a sense current flows perpendicular to the planes of the ferromagnetic elements through a dielectric barrier.

The sensing element in prior recording heads, whether anisotropic or spin tunneling, is usually positioned near the interface between the recording head and the recording media where the intensity of the magnetic flux being sensed is greatest. Typically, a recording head and its sensing element must be positioned in near contact with the recording media in order to sense weak magnetic fields and in order to differentiate among different storage areas of a high density recording media.

Collisions can occur between the recording head and the recording media during such near contact operations, particularly with removable recording media. Such collisions can result in deformation of the sensing element which is typically located near the interface to the recording media. Unfortunately, such deformation can change the finely tuned magnetic properties of the sensing element and reduce the sensitivity of the sensing element to the magnetic flux emanating from the recording media. Such wear to the sensing element can reach a point where the recording head can no longer reliably read the recording media. Collisions between the recording media and the sensing element can also introduce thermal spikes into the sensing element. Unfortunately, such thermal spikes usually cause a variation in the resistivity of the sensing element, thereby introducing noise into the read operation.

In addition, prior recording heads having a sensing element positioned near the interface to the recording media are subject to a variety of other ill effects. For example, such a sensing element is often subject to damage from corrosion that occurs near the interface to the recording media. Moreover, recording heads having a sensing element near the recording media typically include conductors which are placed near the interface to the recording media. This can result in corrosion and smearing effects and can result in short circuits between the conductors and the shields of the recording head.

Furthermore, resistivity changes in a typical prior sensing element usually gives rise to a voltage potential on the sensing element. Such a potential on the sensing element may result in an electrical short-circuit between the sensing element and the shield of a prior recording head. The potential difference between the sensing element and the shield can

also cause a potential difference between the sensing element and the recording media which can cause read noise in the sensing element.

SUMMARY OF THE INVENTION

A robust recording head is disclosed that reduces problems associated with collisions and other ill effects that occur at the interface between the recording head and a recording media during near contact operations. The recording head employs a spin tunneling sensing element which is separated from the interface between the recording head and the recording media so as not to be affected by collisions and other ill effects at the interface between the recording head and the recording media. The spin tunneling sensing element includes a magnetic element that functions as a flux guide to conduct magnetic flux emanating from the recording media away from the interface to an active area of the spin tunneling sensing element. The structure of the robust recording head does not expose conductors for the sensing element to the recording media and prevents short circuits from forming between the flux guide and the recording head shields.

Other features and advantages of the present invention will be apparent from the detailed description that follows.

The present invention is described with respect to particular exemplary embodiments thereof.

DETAILED DESCRIPTION OF THE PREFERRED EMBODIMENTS

Figure 1 shows a cross sectional view of a read portion of a recording head 10 suitable for near contact operation with a recording media 22. The recording head 10 is shown addressing a surface 20 of the recording media 22. This cross section is taken in a direction that traverses

across a set of transitions 80-81 of the recording media 22. The recording head 10 includes a flux guide 30 that conducts magnetic flux emanating from the surface 20 of the recording media 22 upward and away from the surface 20. The flux guide 30 in combination with a pinned magnetic film 32 and an intervening dielectric barrier 34 form a spin tunneling magneto-resistive sensing element (hereinafter tunnel sensor) in the recording head 10. The tunnel sensor is encased in shields 12 and 14 of the recording head 10.

The area of the pinned magnetic film 32 that overlaps the flux guide 30 defines an active region of the tunnel sensor. The dielectric barrier 34 provides a thin tunnel barrier at the active region of the tunnel sensor. The dielectric barrier 34 in one embodiment is between 0.5 and 5 nanometers thick.

The pinned magnetic film 32 is pinned by an exchange layer (not shown) of antiferromagnetic material. The exchange layer fixes the orientation of magnetization of the pinned magnetic film 32. The orientation of the magnetization in the pinned magnetic film 32 is preferably orthogonal to the magnetization in the flux guide 30 in the active region of the tunnel sensor in order to linearize the sensing signal.

The flux guide 30 serves as one electrode of the tunnel sensor in the recording head 10 and the pinned magnetic film 32 serves as the other electrode. In one embodiment a pair of conductor layers 36 and 38 provide an electrical path for a sensing current that flows through the tunnel sensor. The conductor layer 36 reduces leakage of magnetic flux from the flux guide 30 to the shield 12 of the recording head 10. Similarly, the conductor layer 38 serves to reduce leakage of magnetic flux to the shield 14. In another embodiment, the conductor layers 36 and 38 are not present and the electrical sensing current flows directly via the flux guide 30 and the magnetic film 32.

A sense current flows through the tunnel sensor while the recording head 10 is reading the media 22. The sense current flows between the pinned magnetic film 32 and the active region of the flux guide 30 across the dielectric barrier 34. Meanwhile, the flux guide 30 conducts magnetic flux emanating from the surface 20 up to the active region of the tunnel sensor. This magnetic flux changes the orientation of the magnetization in the active region of the flux guide 30 and thereby changes the resistivity of the tunnel sensor in the active region. The changing resistivity can be sensed by an external sensing circuit (not shown) to provide a read signal from the recording head 10.

The shields 12 and 14 are spaced apart by a dielectric region 16 which extends down to a surface 50 of the recording head 10. The dielectric region 16 defines a gap width 40 in a direction along tracks of the media 22 across the transitions 80-81. The surface 50 of the recording head 10 and the surface 20 of the media 22 define a head/media interface.

The structure of the tunnel sensor in the recording head 10 makes it possible to maintain the shields 12 and 14 and the flux guide 30 at the same electrical potential. This prevents the formation of electrical short circuits between the flux guide 30 and the shields 12 and 14 at the head/media interface. In one embodiment, the shields 12 and 14 and the flux guide 30 are all maintained at ground potential while the conductor layer 36 is grounded and the conductor layer 38 has a potential different from ground potential. The greater the potential difference between ground and the conductor layer 38 the better. Generally, this potential difference is limited by the thickness of the dielectric region 16 and its breakdown voltage.

The structure of the recording head 10 allows a very thin dielectric region 16 and a very thin flux guide 30 which yields a very thin gap width 40. The dielectric region 16 can be very thin because it does not

have to electrically isolate the flux guide 30 from the shields 12 and 14 due to their equal electrical potentials. The flux guide 30 can also be made very thin because it does not have to conduct sensing or bias currents along its plane. These currents flow instead across the tunnel sensor. The narrowness of the gap width 40 allows the recording head 10 to read media with high densities. Therefore the length of the transitions 80-81 of the media 22 can be very small.

The structure of the recording head 10 also prevents collisions and other ill effects at the head/media interface from affecting the efficiency of the tunnel sensor. The active region of the tunnel sensor in the recording head 10 is far enough away from the head/media interface so as not to be susceptible to collisions between the media 22 and the recording head 10. Collisions that may damage portions of the flux guide 30 near the head/media interface do not affect the active region and therefore do not substantially affect the response of the tunnel sensor to magnetic flux emanating from the surface 20 of the media 22. In addition, the thermal effects caused by collisions between the recording head 10 and the media 22 are far enough removed from the active region of the tunnel sensor to prevent thermal spikes from introducing substantial noise into the sensing current that flows through the tunnel sensor.

In addition, the active region of the tunnel sensor in the recording head 10 is isolated from corrosion that may occur at the head/media interface. Moreover, the recording head 10 does not expose the conductor layers 36 and 38 to the head/media interface. This avoids the effects caused by conductor smearing or short circuits that commonly occur in prior recording heads.

Figure 2 shows a view of the flux guide 30 and the pinned magnetic film 32. This cross section is taken in a direction across the tracks of the media 22 along one of the transitions 80-81. Regions 42 and 44 re

present the stabilization regions of the flux guide 30. The read width for the tunnel sensor is defined by the regions of the flux guide 30 that are not pinned by the stabilization regions 42 and 44. The read width corresponds to the width of tracks on the media 22 in a dimension orthogonal to that of the transitions 80-81.

In one embodiment, the stabilization regions 42 and 44 are realized by layers of antiferromagnetic material. The antiferromagnetic material may be a manganese-based material such as iron-manganese (FeMn), nickel-manganese (NiMn), or iridium-manganese. Alternatively, the antiferromagnetic material may be nickel-oxide or terbium-iron (TbFe).

In another embodiment, the stabilization regions 42 and 44 are realized by permanent magnets.

An arrow labeled M1 shows the direction of magnetization in the active region of the flux guide 30. The direction shown for M1 is along the longest dimension of the flux guide 30 which is across the tracks of the media 22. The direction shown of M1 is set by the stabilization regions 42 and 44 and varies about the direction shown in response to magnetic flux emanating from the media 22.

An arrow labeled M2 shows the direction of magnetization in the pinned magnetic film 32. The orientation of magnetization M2 is pinned by an antiferromagnetic layer and is substantially orthogonal to M1 in the active region of the flux guide 30.

Figure 3 is a detailed view in one embodiment of the layers enclosed in the shields 12 and 14 of the recording head 10. This view depicts the active region of the tunnel sensor. The base of the structure is a dielectric layer that provides a portion of the dielectric region 16. Next is the conductor layer 36 which is made of a conductive material such as gold. A thin layer of tantalum 64 prevents diffusion between the conductor layer 36 and the flux guide 30.

The flux guide 30 is a layer of soft magnetic film. In one embodiment, the flux guide 30 is a permalloy layer such as nickel-iron. A pair of thin iron layers 66 and 68, which in one embodiment are each 20 angstrom thick, are used at the interfaces between the dielectric barrier 34 and the layers 30 and 32.

The dielectric barrier 34 is a layer of dielectric material. In one embodiment, the dielectric barrier is a layer of aluminum-oxide (Al_2O_3).

The pinned magnetic film 32 is a layer of soft magnetic film. In one embodiment, the pinned magnetic film 32 is a permalloy layer such as nickel-iron.

The orientation of the magnetization in the pinned magnetic film 32 is pinned by an antiferromagnetic layer 60. In one embodiment, the antiferromagnetic layer 60 is a layer of manganese-based material such as iron-manganese (FeMn), nickel-manganese (NiMn), or iridium-manganese. Alternatively, the antiferromagnetic layer 60 may be a layer of nickel-oxide or terbium-iron (TbFe).

On top of the antiferromagnetic layer 60 is the conductor layer 38 which may be tantalum or tantalum/gold.

The direction of magnetization M1 in the flux guide 30 at the head/media interface allows magnetic flux to be conducted directly into the flux guide 30 and eliminates the need for biasing structures and methods for reducing cross-track asymmetry. In addition, the total power consumption of the recording head 10 is relatively low because a tunnel sensor is a relatively high impedance structure. A low power consumption recording head may be useful for tape heads in which many parallel channels may exist.

The foregoing detailed description of the present invention is provided for the purposes of illustration and is not intended to be exhaustive.

ve or to limit the invention to the precise embodiment disclosed. Accordingly, the scope of the present invention is defined by the appended claims.

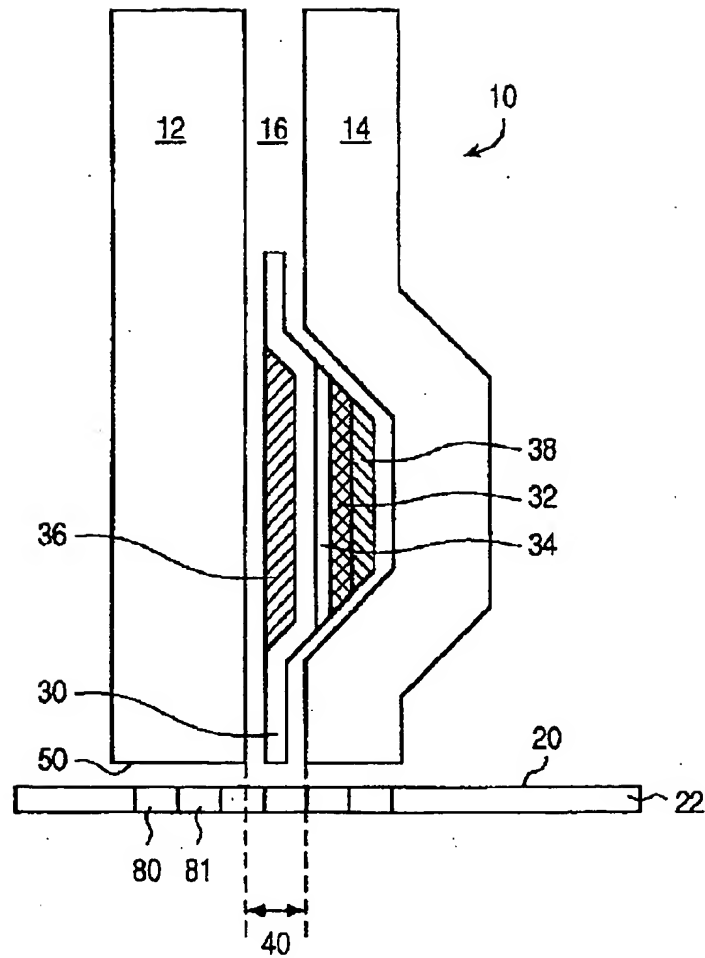
4. Brief Description of Drawings

Figure 1 shows a cross sectional view of a read portion of a recording head that provides robust operation for near contact applications to a recording media;

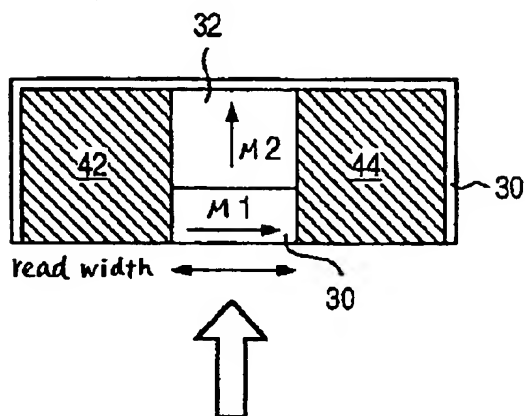
Figure 2 shows a view of the flux guide and the pinned magnetic film taken in a direction across the tracks of the recording media;

Figure 3 is a detailed view of the layers encased in the shields of the recording head including the layers of the spin tunneling sensing element.

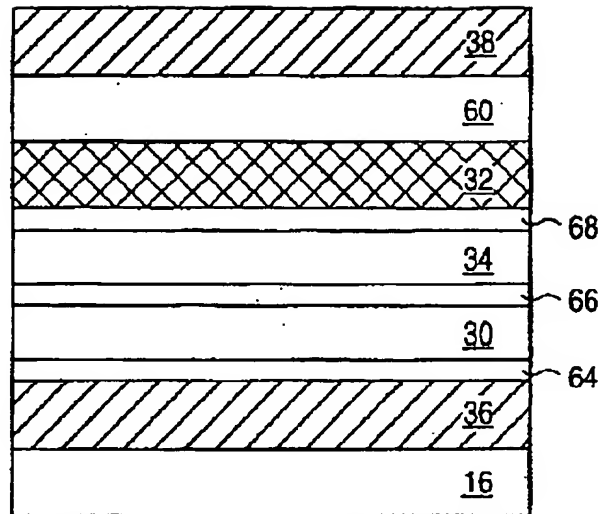
【FIG. 1】



【FIG. 2】



【FIG. 3】



1. Abstract

A robust recording head with a spin tunneling sensing element separated from an interface between the recording head and a recording media so as not to be affected by collisions and other ill effects at the interface between the recording head and the recording media. The spin tunneling sensing element includes a pair of magnetic elements wherein one of the magnetic elements functions as a flux guide that conducts magnetic flux emanating from the recording media away from the interface to an active area of the spin tunneling sensing element.

2. Representative Drawing

Fig. 1